

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

98 P 4452 P

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3638947 A1**

⑳ Aktenzeichen: P 36 38 947.1
㉑ Anmeldetag: 14. 11. 86
㉒ Offenlegungstag: 26. 5. 88

⑤ Int. Cl. 4:
G06F 15/16
G 06 F 9/46
B 60 R 16/02
// B60T 8/32,
B60R 21/16,22/04

DE 3638947 A1

㉓ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

㉔ Erfinder:
Weller, Hugo, 7141 Oberriexingen, DE; Drobny,
Wolfgang, Dipl.-Ing., 7122 Besigheim, DE; Taufer,
Peter, 7253 Renningen, DE; Nitschke, Werner, 7157
Ditzingen, DE

⑤4 Verfahren zur Synchronisation von Rechnern eines Mehrrechnersystems und Mehrrechnersystem

Mehrrechnersysteme bestehen aus wenigstens zwei durch Daten- und/oder Steuerleitungen untereinander verbundenen Rechnern.

Bisher bekannte Mehrrechnersysteme arbeiten entweder asynchron oder werden durch externe Synchronschaltungen synchronisiert. Das erste Konzept verhindert eine schnelle Verarbeitung der ausgetauschten Daten, das zweite ist aufwendig und erfordert einen erhöhten Raumbedarf.

Die Erfindung schafft hier Abhilfe, indem jeder der Rechner einen eigenen steuerbaren Zeitmarkengeber umfaßt, alle Rechner Synchronsignale erzeugen und diese mit den Zeitmarken ihrer eigenen Zeitmarkengeber vergleichen und daraufhin eine Korrektur der Zeitmarkenfolge ihrer Zeitmarkengeber durchführen.

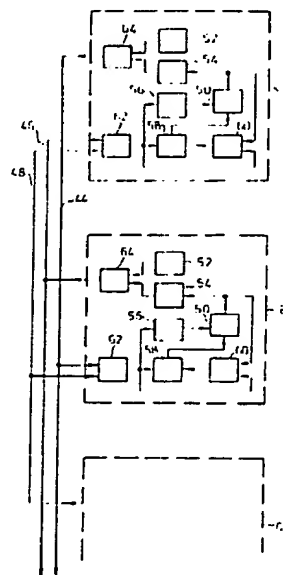


Fig 1

DE 3638947 A1

1. Verfahren zur Synchronisation von Rechnern eines Mehrrechnersystems, insbesondere für Sicherheitseinrichtungen in Kraftfahrzeugen, z.B. Antiblockiersysteme Airbags oder Gurtstrammer, wobei die Rechner eigene Zeitmarkengeber enthalten und durch Daten- und/oder Steuerleitungen untereinander verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach dem Einschalten oder Zurücksetzen der Rechner diese jeweils ein Startsignal (10, 12, 14; 16, 18, 20) erzeugen, welches zu den übrigen Rechnern übertragen und von diesen empfangen und ausgewertet wird, daß nach Eintreffen des zeitlich letzten Startsignals (14; 18) die Zeitmarkengeber der Rechner gleichzeitig mit der Erzeugung von Zeitmarken (32, 34) beginnen, daß die Rechner in Abhängigkeit der Zeitmarken (32, 34) Synchronsignale (22, 24, 26) erzeugen, die zu den übrigen Rechnern übertragen und von diesen empfangen werden, daß die Synchronsignale (22, 24, 26) fortlaufend mit den eigenen Zeitmarken (32, 34) verglichen werden und daß bei zeitlichen Verschiebungen zwischen den Synchronsignalen (22, 24, 26) und den eigenen Zeitmarken (32, 34) die Zeitmarkenfolge des betreffenden Zeitmarkengebers verändert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitmarkenfolge bei allen Rechnern einheitlich entweder verzögert oder beschleunigt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Startsignal durch eine pulsförmige (10, 12, 14) oder durch eine statische (16, 18, 20) Zustandsänderung dargestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Startsignal durch eine Flanke (28; 30) der pulsförmigen oder statischen Zustandsänderung dargestellt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß die Synchronsignale durch pulsförmige Zustandsänderungen (22, 24, 26) dargestellt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Rechner bei Eintreffen einer Zeitmarke (32, 34) seines eigenen Zeitmarkengebers eine erste Flanke (36, 38) des Synchronpulses (22, 24) erzeugt und überträgt.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß nach Empfang der ersten Flanke (36) des jeweils ersten Synchronpulses (22) bei allen übrigen Rechnern die zeitliche Verschiebung ΔT zwischen dieser Flanke (36) und ihren eigenen Zeitmarken (34) verglichen wird und in Abhängigkeit der Verschiebung ΔT die Zeitmarkenfolge beschleunigt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschleunigung der Zeitmarkenfolge durch vorzeitiges Auslösen der nächsten Zeitmarke (34) erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6-8, dadurch gekennzeichnet, daß nach Empfang der ersten Flanke (38) des jeweils letzten Synchronpulses (24) alle Rechner eine zweite Flanke (40, 42) ihrer Synchronpulse (22, 24) erzeugen und übertragen.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, daß bei Ab-

weichen eines oder mehrerer Synchronsignale von einem mittleren Zeitraster um eine vorgegebene Zeitspanne alle Rechner zurückgesetzt werden.

11. Mehrrechnersystem, bestehend aus wenigstens zwei durch Daten- und/oder Steuerleitungen (44, 46, 48) untereinander verbundenen Rechnern (A, B, C), insbesondere für Sicherheitseinrichtungen in Kraftfahrzeugen (z.B. Antiblockiersysteme, Airbags oder Gurtstrammer), dadurch gekennzeichnet, daß jeder der beteiligten Rechner (A, B, C) einen eigenen steuerbaren Zeitmarkengeber (50) umfaßt und daß die Rechner (A, B, C) jeweils als Generator (52; 54) für ein Startsignal und für ein Synchronsignal, als Zähler (56) für die von den anderen Rechnern (A, B, C) erzeugten Startsignale, als Steuerschaltung (58) für den Start und die Veränderung der Zeitmarkenfolgen des Zeitmarkengebers (50) und als Vergleichsschaltung (60) für die zeitliche Verschiebung zwischen Synchronsignalen anderer Rechner und den eigenen Zeitmarken ausgebildet sind.

12. Mehrrechnersystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitmarkengeber als Sägezahn-generator (50) ausgebildet sind.

13. Mehrrechnersystem nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß logische Verknüpfungsschaltungen (66) vorgesehen sind, durch die Steuerausgänge anderer Rechner zu jeweils einer Steuerleitung (68) zusammengefaßt sind.

14. Mehrrechnersystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Rechner durch bidirektionale Steuerleitungen (70) verbunden sind.

15. Mehrrechnersystem nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Rechner für die Steuersignale und/oder Datenkommunikation durch gemeinsame Leitungen verbunden sind.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation von Rechnern eines Mehrrechnersystems, insbesondere für Sicherheitseinrichtungen in Kraftfahrzeugen (z.B. Antiblockiersysteme, Airbags oder Gurtstrammer), wobei die Rechner eigene Zeitmarkengeber enthalten und durch Daten- und/oder Steuerleitungen untereinander verbunden sind.

Mehrrechnersysteme werden bei der schnellen Verarbeitung großer Datenmengen in kurzer Zeit benötigt, wie sie bei der Überwachung, Steuerung und Regelung von Prozessen oder beim Datenabruf aus umfangreichen Dateien auftreten. Dabei werden mehrere Rechner zur Ausführung einer gemeinsamen Aufgabe zusammengeschlossen, indem zwischen ihnen ein gegenseitiger Datenaustausch vorgenommen wird.

Ein Anwendungsbereich für derartige Mehrrechnersysteme ist die Steuerung von Sicherheitssystemen in Kraftfahrzeugen, wie Antiblockiersysteme oder passive Rückhaltesysteme, z.B. aufblasbare Gaskissen (Airbags), die beim Aufprall des Fahrzeugs auf ein Hindernis automatisch wirksam werden, oder Sicherheitsgurte, die im Moment des Aufpralls gespannt werden (Gurtstrammer). Weitere Anwendungsgebiete sind insbesondere die Zündung, die Einspritzung und komplexe Navigationssysteme. Die Notwendigkeit für die Verarbeitung großer Datenmengen ergibt sich z.B. bei dem passiven Rückhaltesystemen daraus, daß beim Aufprall des Fahrzeugs auf ein Hindernis die Verzögerungswerte in Form

einer Maxima und Minima aufweisenden Kurve (Crash Kurve) verlaufen und der Auslösezeitpunkt für die Rückhaltesysteme in einem durch Versuche vorher bestimmten exakten Zeitpunkt erfolgen muß.

Die weitere Notwendigkeit der Datenverarbeitung in möglichst kurzer Zeit folgt aus der kurzen Zeitspanne zwischen dem Aufprall des Fahrzeugs auf das Hindernis und der Verletzungsmöglichkeit der Fahrzeuginsassen. In diesem kurzen Zeitraum ist eine lückenlose Erfassung des Verlaufs der Verzögerungskurve erforderlich.

Der Forderung nach einem wirksamen Ansprechen der Rückhaltesysteme steht mit gleicher Gewichtung der sichere Schutz vor einer fehlerhaften Auslösung gegenüber. Handelt es sich bei dem Rückhaltesystem um aufblasbare Gaskissen, so kann deren Fehlauslösung bei hohen Geschwindigkeiten in Folge einer Sichtbehinderung und Erschrecken des Fahrers erhebliche Folgeschäden hervorrufen. Um Fehlauslösungen zu verhindern, müssen die von den Rechnern ausgewerteten Daten ständig überwacht werden, damit eine sich anbahnende Fehlauslösung korrigiert werden kann.

Bisherige Mehrrechnersysteme arbeiteten entweder asynchron oder wurden durch eine externe Synchronisations- und Überwachungsschaltung synchronisiert. Bei dem erstgenannten Konzept gelangen die für einen Datenaustausch vorgesehenen Daten zunächst in einen Pufferspeicher der Rechner (Mailbox) in der sie solange verbleiben, bis der betreffende Rechner seine gerade laufenden Rechner Routinen abgearbeitet hat und Zeit findet, die im Pufferspeicher vorhandenen Daten auszuwerten. Dabei sind auch Fallgestaltungen möglich, in denen es beim Datenaustausch zu erheblichen Verzögerungen kommt.

Bei einer externen Synchronisationsschaltung ist der zusätzliche Schaltungsaufwand erheblich, außerdem entsteht ein insgesamt größerer Raumbedarf, wodurch diese Lösung die Anwendung von Mehrrechnersystemen in bestimmten Anwendungsfällen erschwert oder gar unmöglich macht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Synchronisation von Rechnern eines Mehrrechnersystems zu schaffen, das ermöglicht, einen Datenaustausch zwischen den einzelnen Rechnern zu bestimmten Zeiten vorzunehmen und dadurch die Datenverarbeitung zu beschleunigen und/oder zum gleichen Zeitpunkt Eingangssignale abzutasten und die gegenseitige Überwachung zu erleichtern, ohne daß hierzu die Erzeugung externer Synchronisationssignale erforderlich ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 durch die im kennzeichnenden Teil angegebenen Merkmale gelöst.

Die Synchronisation im stationären Zustand erfolgt dabei durch die Erzeugung von Synchronsignalen in Abhängigkeit der im Rechner erzeugten Zeitmarken. Dabei lassen sich Schaltungsteile mit verwenden, die für die Datenverarbeitung ohnehin erforderlich sind. Dadurch, daß jeder Rechner aufgrund der empfangenen Synchronsignale in der Lage ist, seine eigenen Zeitmarkenfolge anzupassen, sind keine besonders hohen Anforderungen an die Präzision einer Zeitbasis zu stellen. Allein der Umstand, daß ein Gleichlauf unter den Rechnern erzielt werden kann, ermöglicht, den Datenaustausch zu bestimmten festgelegten Zeiten, sogenannten Zeitfenstern, durchzuführen. Dadurch ist dann gewährleistet, daß die Daten sofort weiterverarbeitet werden können und so in der gleichen Zeiteinheit eine größere Datenmenge analysiert werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht zudem,

den Gleichlaufzustand zwischen den Rechnern nach dem Einschalten oder einem Zurücksetzen in Folge von Störungen sehr schnell herbeizuführen. Da das Anlaufen der Rechner bei einem solchen Ereignis nie exakt zum gleichen Zeitpunkt erfolgt, sondern mit mehr oder minder großen zeitlichen Verschiebungen, ist der Gleichlauf nicht von Anfang an gegeben.

Würde jeder Rechner sofort mit der Synchronisation beginnen, so würde sich der Gleichlauf durch einen Regelvorgang nach einiger Zeit selbst einstellen. In der Zwischenzeit wäre aber ein gegenseitiger Datenaustausch nicht möglich. Diese Zeitspanne kann dann kritisch werden, wenn die Rechner in Folge eines kurzen Störpulses zurückgesetzt werden müssen, ihnen aber in dieser Phase die Verarbeitung einer großen Datenmenge abverlangt wird. Indem das Startsignal des zuletzt anlaufenden Rechners als Kriterium für die Erzeugung von Zeitmarken und damit von Synchronpulsen ausgenutzt wird, ist beim erfindungsgemäßen Verfahren jedoch der Gleichlauf der Rechner zum frühest möglichen Zeitpunkt sichergestellt, und zwar unter Vermeidung eines Einschwingvorganges.

Auch im stationären Zustand kann die Synchronisation der Rechner bei plötzlichen Abweichungen wieder sehr schnell durchgeführt werden. Dies gelingt durch den fortlaufenden Vergleich der empfangenen Synchronsignale mit den eigenen Zeitmarken. Indem das Maß der Abweichung hier quantitativ ermittelt werden kann, besteht die Möglichkeit, eine Korrektur der Zeitmarkenfolge genau um den Betrag herbeizuführen, die der zeitlichen Verschiebung entspricht. Ist die zeitliche Verschiebung nicht übermäßig groß, kann der Gleichlauf dann sogar innerhalb der nächsten Periode der Zeitmarkenfolge, d.h. in dem Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zeitmarken erreicht werden. Wenn durch die zeitliche Verschiebung ein Datenaustausch verhindert worden ist, kann dieser dann bereits während der nachfolgenden Periode der Zeitmarkenfolge nachgeholt werden.

Durch die Aussendung der Synchronsignale von jedem beteiligten Rechner besteht außerdem die Möglichkeit der gegenseitigen Überwachung der Funktion und Synchronisation. Durch Synchronisationsfehler bedingte Störungen lassen sich auf diese Weise früher erkennen als z.B. über den Umweg einer Analyse der verarbeiteten Daten.

Dadurch können auch früher Gegenmaßnahmen eingeleitet werden, wodurch die Funktionssicherheit des Mehrrechnersystems wesentlich erhöht wird.

Bei einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Zeitmarkenfolge bei allen Rechnern einheitlich entweder verzögert oder beschleunigt.

Hierdurch wird sichergestellt, daß die Synchronisation der Rechner schnell einen stationären Zustand erreicht und nicht durch gegenläufige Veränderungen der Zeitmarken in Regelschwingungen gerät.

Alternativ kann das Startsignal durch eine pulsformige oder durch eine statische Zustandsänderung dargestellt werden. Dabei ist es zweckmäßig, als Startsignal die Flanke der pulsformigen oder statischen Zustandsänderung auszunutzen.

Auf diese Weise läßt sich der Startzeitpunkt sehr genau festlegen, was auch den anfänglichen Gleichlauf der Rechner bei dem Synchronisationsbeginn verbessert.

In Weiterbildung der Erfindung sind die Synchronsignale durch pulsformige Zustandsänderungen dargestellt. Dabei ist es zweckmäßig, daß jeder Rechner bei Eintreffen einer Zeitmarke seines eigenen Zeitmarken-

gebers eine erste Flanke des Synchronpulses erzeugt und überträgt.

Diese Maßnahme wirkt sich in gleichem Sinne auf die nachfolgenden Synchronpulse aus, wie sie im Zusammenhang mit den Startsignalen für den anfänglichen Gleichlauf der Rechner bei Beginn der Synchronisation beschrieben ist.

Darüber hinaus ermöglicht diese Zuordnung auch eine einfache und sehr präzise quantitative Bestimmung der zeitlichen Verschiebung zwischen der Flanke des Synchronpulses und der eigenen Zeitmarke im Falle von Gleichlaufabweichungen zwischen den Rechnern. Dies kommt wiederum einer schnellen und präzisen Wiederherstellung des Gleichlaufs entgegen.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform wird nach Empfang der ersten Flanke des jeweils ersten Synchronpulses bei allen übrigen Rechnern die zeitliche Verschiebung ΔT zwischen dieser Flanke und ihrer eigenen Zeitmarke verglichen und in Abhängigkeit der Verschiebung wird die Zeitmarkenfolge beschleunigt. Bei diesen Verfahrensschritten wird die Flanke des Synchronpulses des schnellsten Rechners als Bezugsgröße verwendet, woraufhin sich alle anderen Rechner mit der Zeitmarkenfolge ihres Zeitmarkengebers auf diesen Rechner einstellen müssen. Im Gegensatz zu einer an sich möglichen Bezugnahme auf den langsamsten Rechner trägt diese Maßnahme zu einer Beschleunigung der Rechengeschwindigkeit bei.

Vorzugsweise erfolgt die Beschleunigung der Zeitmarkenfolge durch vorzeitiges Auslösen der nächsten Zeitmarke. Diese Art der Beeinflussung der Zeitmarkenfolge läßt sich besonders einfach bei konkret verkörpert Zeitmarkengebern durchführen und schafft eine Korrektur der Zeitmarkenfolge innerhalb des Zeitraums zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zeitmarken.

Bei einer praktischen Ausführungsform der Erfindung erzeugen und übertragen nach Empfang der ersten Flanke des jeweils letzten Synchronpulses alle Rechner eine zweite Flanke ihrer Synchronpulse. Hierdurch wird der ohnehin erforderliche Rücksprung des Signalpegels bei den Synchronpuls in Form eines Quittungssignals für die gegenseitige Überwachung der Rechner ausgenutzt.

In Weiterbildung der Erfindung werden bei Abweichen eines oder mehrerer Synchronsignale von einem mittleren Zeitraster um eine vorgegebene Zeitspanne alle Rechner zurückgesetzt.

Da in diesem Falle wegen des begrenzten Variationsbereichs der Zeitmarkenfolge eine Synchronisation erst nach mehreren Perioden erfolgen wird, bietet die vorgeschlagene Maßnahme die Möglichkeit, den Gleichlauf auf andere Weise schneller herbeizuführen. Dabei werden auch gleich solche Störungen erfaßt, die neben einer Beseitigung des Gleichlaufs auch den internen Programmablauf des betreffenden Rechners beeinflussen könnten.

Die Erfindung betrifft ferner ein Mehrrechnersystem, bestehend aus wenigstens zwei durch Daten- und/oder Steuerleitungen untereinander verbundenen Rechnern, insbesondere für Sicherheitseinrichtungen in Kraftfahrzeugen (z.B. Antiblockiersysteme, Airbags oder Gurtschrammer).

Diesbezüglich liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Mehrrechnersystem zu schaffen, welches einen Datenaustausch zu vorbestimmten Zeiten vorzunehmen gestattet und dabei die Datenverarbeitung beschleunigt und die gegenseitige Überwachung erleich-

tert.

Diese Aufgabe wird bei einem Mehrrechnersystem nach dem Oberbegriff des Anspruch 11 durch die im kennzeichnenden Teil angegebenen Merkmale gelöst.

5 Durch die Ausstattung der Rechner mit eigenen steuerbaren Zeitmarkengebern und der Ausbildung der Rechner als Synchronsignalgeneratoren sowie als Steuer- und Vergleichsschaltungen gelingt es, eine Synchronisation der Rechner oder einen externen Synchrongenerator herbeizuführen. Der Gleichlauf der Rechner gestattet dann, im Programmablauf Zeitfenster vorzusehen, bei denen ein Datenaustausch stattfinden kann und die Daten dann einer sofortigen Verarbeitung zugeführt werden.

10 Da alle Rechner im Bezug auf die Synchronisation gleichartig ausgestattet sind, gelingt auch eine gegenseitige Überwachung, ohne daß es dazu einer externen Überwachungsschaltung (Watchdog) bedarf.

20 Die Einbeziehung von Baugruppen, die bei den Rechnern ohnehin vorhanden sind, hilft auch den Kosten- und Raumbedarf gegenüber einem externen Synchrongenerator zu vermindern. Dieser Umstand erleichtert den Einsatz des Mehrrechnersystems in bekannten Anwendungsfällen und eröffnet neue Anwendungsmöglichkeiten.

25 In Weiterbildung der Erfindung sind die Zeitmarkengeber der Rechner als Sägezahngeneratoren ausgebildet. Das von einem solchen Generator gelieferte Signal liefert mit seiner steilen Flanke eine exakte Zeitmarke und gestattet durch den linearen Verlauf der anderen Flanke eine sehr genau dosierbare Veränderung der Zeitmarkenfolge. Die Ausführung ermöglicht daher, erforderliche Korrekturen der Zeitmarkenfolge gezielt innerhalb einer Periode von Zeitmarken durchzuführen.

30 Bei einer abgewandelten Ausführungsform sind logische Verknüpfungsschaltungen vorgesehen, durch die Synchronsignalausgänge anderer Rechner zu jeweils einer Steuerleitung zusammengefaßt werden.

35 Bei einer abgewandelten Ausführung sind die Rechner durch bidirektionale Steuerleitungen verbunden. Bei einer weiteren abgewandelten Ausführung sind die Steuer- und Datenleitungen als gemeinsame Leitungen ausgebildet.

40 Diese Maßnahmen tragen durch Verminderung des Leitungsbedarfs zwischen den einzelnen Rechnern zu einer Verminderung der Baugröße und der Störanfälligkeit bei.

45 Weiterbildungen und vorteilhafte Ausführungen der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, der weiteren Beschreibung und der Zeichnung, anhand der das erfindungsgemäße Verfahren sowie das Mehrrechnersystem erläutert wird.

In der Zeichnung zeigen:

50 Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Mehrrechnersystems aus drei Rechnern,

Fig. 2 und 3 abgewandelte Ausführungsformen der Erfindung,

60 Fig. 4 und 5 den zeitlichen Verlauf von Start- und Synchronsignalen, wie sie bei dem erfindungsgemäßen Verfahren auftreten, und

Fig. 6 den zeitlichen Verlauf von Zeitmarkenfolgen und Synchronpulsfolgen bei einem Mehrrechnersystem aus zwei Rechnern.

Die in Fig. 1 dargestellten Rechner A, B, C eines Mehrrechnersystems sind durch Steuerleitungen 44, 46, 48 untereinander verbunden. In den gestrichelten Umrahmungen sind die für die Synchronisationsfunktion wirksamen Funktionsgruppen durch untereinander ver-

bundene Blöcke symbolisiert. Diese Blöcke können in der Praxis, sowohl als diskrete Baugruppen als auch durch den Rechner in Form eines Rechenprogramms realisiert sein.

Die Funktionsblöcke sind in allen drei Rechnern *A*, *B*, *C* gleich, so daß darauf verzichtet wurde, sie auch in dem dritten Rechner *C* noch einmal zu wiederholen.

Es wird zunächst vorausgesetzt, daß die Rechner des Mehrrechnersystems gerade eingeschaltet oder zurückgesetzt wurden. Nachdem jeder Rechner *A*, *B*, *C* angefahren ist, erzeugt ein Generator 52 für Startsignale in jedem Rechner ein Startsignal. Die Startsignale gelangen jeweils über eine Verknüpfungsschaltung 64 zu den Eingängen der anderen Rechner, wo sie ebenfalls über eine Verknüpfungsschaltung 62 zu einem Zähler 56 gelangen.

Da die Rechner durch Bauteiltoleranzen, Signallaufzeitunterschiede und durch zufällige Schaltzustände nicht gleichzeitig anlaufen, treffen die einzelnen Startsignale zu unterschiedlichen Zeitpunkten ein. Die Startsignale werden deshalb in jedem Rechner *A*, *B*, *C* gesondert überwacht, wobei die Überwachung durch Zählen der Startsignale erfolgen kann. Nachdem sovieler Startsignale gezählt wurden, wie Rechner vorhanden sind, wird mit dem Eintreffen des letzten Startsignals ein Zeitmarkengeber 50 gestartet. Der Zeitmarkengeber 50 beginnt daraufhin, Zeitmarken zu erzeugen, die einen Generator 54 für Synchronsignale steuern. Die Synchronsignale gelangen dann über die bereits erwähnte Verknüpfungsschaltung 64 zu den Steuerleitungen 44, 46 und 48 und von dort zu den Steuereingängen der übrigen Rechner *A*, *B*, *C*.

Nachdem die Synchronpulse über die Verknüpfungsschaltung 62 jeden Rechners *A*, *B*, *C* zu einer Vergleichsschaltung 60 gelangt sind, werden sie dort mit den internen Zeitmarken, die vom Zeitmarkengeber 50 erzeugt werden, verglichen. Bei Zeitdifferenzen wird ein Steuersignal an die Steuerschaltung 58 weitergeleitet, woraufhin diese die Zeitmarkenfolge des Zeitmarkengebers 50 verändert.

Der Zeitmarkengeber 50, der auch die internen Programmabläufe der Rechner *A*, *B*, *C* steuert, wird in der Weise korrigiert, daß ein Gleichlauf der Zeitmarkenfolgen zwischen den Rechnern *A*, *B*, *C* wieder hergestellt wird.

Aus der Gleichartigkeit der Funktionsblöcke in den Rechnern *A* und *B* ergibt sich, daß jeder Rechner in der Lage ist, eine Veränderung seiner eigenen Zeitmarkenfolge herbeizuführen und sich so mit den anderen Rechnern zu synchronisieren.

Während bei dieser Ausführungsform noch getrennte Steuerleitungen zwischen den Ausgängen und Eingängen der Rechner vorgesehen sind, zeigt Fig. 2 eine Abwandlung der Erfindung, bei der durch externe Verknüpfungsschaltungen 62, 64, 66 die Zahl der zu den Eingängen führenden Steuerleitungen auf jeweils eine Steuerleitung 68 reduziert werden kann.

Eine weitere Reduzierung der Steuerleitungen ist in Fig. 3 veranschaulicht, wo die Steuerleitungen 70 als bidirektionale Leitungen ausgeführt sind. Der Datenaustausch erfolgt bei dieser Ausführung durch bidirektionale Datenleitungen 72.

Zur Erläuterung des Startvorganges der Synchronisation bei Einschalten oder Zurücksetzen der Rechner wird auf die Fig. 4 und 5 Bezug genommen. Die Darstellungen zeigen den Signalverlauf der Startsignale der einzelnen Rechner *A*, *B*, *C* sowie der Synchronsignale. Der Einschaltoder Rücksetzzeitpunkt wird bei der Ordina-

nate angenommen. Zuerst erzeugt der Rechner *A* in Fig. 4 ein Startsignal, das hier als pulsförmiges Startsignal 10 dargestellt ist.

Schließt sich der Rechner *B* mit einem pulsförmigen Startsignal 12 an, ist schließlich der letzte Rechner *C* mit seinem pulsförmigen Startsignal 14 den Zeitpunkt bestimmt, in welchem mit der Erzeugung von Zeitmarken und damit Synchronpulsen begonnen wird.

Wegen der besseren Übersichtlichkeit sind die ersten Synchronpulse weggelassen. Nach Ablauf einer und jeder weiteren Zeitmarkenperiode werden dann Synchronpulse 22, 24, 26 erzeugt und übertragen, die im Normalbetrieb praktisch gleichzeitig eintreffen. Um einen genauen Zeitpunkt festzulegen, von dem ab mit der Erzeugung von Zeitmarken begonnen wird, ist es zweckmäßig, hierfür eine der Flanken der Startsignale auszunutzen. Im Beispiel dient hierzu die vordere Flanke 28 des pulsförmigen Startsignals 14.

Die Darstellung in Fig. 5 unterscheidet sich von derjenigen in Fig. 4 darin, daß statt pulsförmiger Startsignale statische Startsignale 16, 18, 20 verwendet werden.

Als Startzeitpunkt gilt der durch eine Flanke 30 dargestellte Potentialsprung des Startsignals 18.

Nachdem nun der Start erfolgt ist, kommt es darauf an, den Gleichlauf der einzelnen Rechner zu erhalten und eventuelle Abweichungen zu korrigieren. Zur Erläuterung dieses Vorganges wird auf Fig. 6 Bezug genommen, bei der aus Gründen der Übersichtlichkeit jedoch nur die Signale zweier Rechner dargestellt sind.

Die Darstellung der zeitlichen Verläufe der Zeitmarken und Synchronsignale gibt die Verhältnisse sehr übertrieben wieder, was aber für die Veranschaulichung der Funktionsweise zweckmäßig erscheint. Im oberen Teil der Zeichnung sind die Verläufe der Zeitmarken und darunter die der Synchronpulse des Rechners *A* dargestellt. Der untere Teil enthält die zeitlichen Verläufe der Zeitmarken und Synchronpulse des Rechners *B*.

Für die Darstellung ist ein einheitlicher Zeitmaßstab angenommen. Die Betrachtung erfolgt in Zeitpunkten 1, 2, 3, 4 und 5 die oberhalb der Darstellung markiert sind.

Im Zeitpunkt 1 liegt zwischen den Rechnern *A* und *B* eine erhebliche Gleichlaufstörung vor. Dies ergibt sich daraus, daß die Zeitmarke 34 des Rechners *B* um die zeitliche Verschiebung *T* gegenüber der Zeitmarke 32 des Rechners *A* verzögert ist.

Beginnend im Zeitpunkt 1 erzeugt der Rechner *A* mit der Zeitmarke 32 eine erste Flanke 36 seines Synchronpulses 22. Der Rechner *B* empfängt die erste Flanke 36 des Synchronpulses 22 und wartet auf seine eigene Zeitmarke 34. Sobald diese eintrifft, erzeugt auch er seine erste Flanke 38 seines Synchronpulses 24. Diese erste Flanke 38 empfängt der Rechner *A* und erzeugt eine zweite Flanke 40 seines Synchronpulses 22.

Im Rechner *B* wird nun die Zeitmarkenfolge des Zeitmarkengebers beschleunigt, indem der Auslösezeitpunkt der nächstfolgenden Zeitmarke vorverlegt wird. Nachdem dieser Steuervorgang abgeschlossen ist, erzeugt der Rechner *B* die zweite Flanke 42 seines Synchronpulses 24.

Dieser Vorgang hat zwar schon dazu beigetragen, den Gleichlauf der beiden Rechner *A* und *B* einander anzunähern, aufgrund der in der Praxis unüblichen hier stark übertriebenen Darstellung ist jedoch noch kein vollständiger Gleichlauf hergestellt worden. Somit erhält im Zeitpunkt 2 der Rechner *A* seine Zeitmarke 32 wiederum früher als der Rechner *B*.

In analoger Weise, wie beim Zeitpunkt 1 beschrieben, erfolgt eine abermalige Korrektur der Zeitmarkenfolge des Rechners *B*.

Wie die Darstellung in Fig. 6 zeigt, wird die Periodendauer T_B des Zeitmarkengebers des Rechners *B* um eine korrigierte Periodendauer T_{Korr} vermindert. Bei sehr starken Zeitverschiebungen ΔT kann es sein, daß die korrigierte Periodendauer T_{Korr} kleiner ist als die Zeitverschiebung ΔT . In diesem Falle wird keine Synchronisation während dieser Periodendauer herbeigeführt. Ist dagegen der maximale Wert der korrigierbaren Periodendauer T_{Korr} größer als die Zeitverschiebung ΔT , dann kann die Synchronisation der Rechner erfolgen.

Im Zeitpunkt 3 ist dies der Fall und die Zeitmarken 32 und 34 wie die Synchronpulse 22 und 24 treten gleichzeitig auf. Wenn keine Korrektur erforderlich ist, folgt die zweite Flanke der Synchronpulse in kurzer Zeit auf die erste Flanke.

Im Zeitpunkt 4 liegt wiederum eine Gleichlaufstörung vor. Diesmal erhält jedoch der Rechner *B* zuerst seine Zeitmarke 34. Er erzeugt daraufhin eine erste Flanke 38 seines Synchronpulses 24. Der Rechner *A* empfängt diese erste Flanke 38 und wartet auf seine eigenen Zeitmarke 32. Nachdem er diese erhalten hat, erzeugt er eine erste Flanke 36 seines Synchronpulses 22, woraufhin der Rechner *B*, der diese Flanke empfängt, eine zweite Flanke 42 seines Synchronpulses 24 erzeugt.

Der Rechner *A* korrigiert nun seine eigene Zeitmarkenfolge und erzeugt anschließend eine zweite Flanke 40 seines Synchronpulses 22. Die Periodendauer T_A des Zeitmarkengebers des Rechners *A* wird hierbei um die korrigierte Periodendauer T_{Korr} vermindert. Im folgenden Zeitpunkt 5 sind die Rechner wieder synchronisiert, wie an dem gleichzeitigen Auftreten der Zeitmarken 32, 34 ersichtlich ist.

3638947

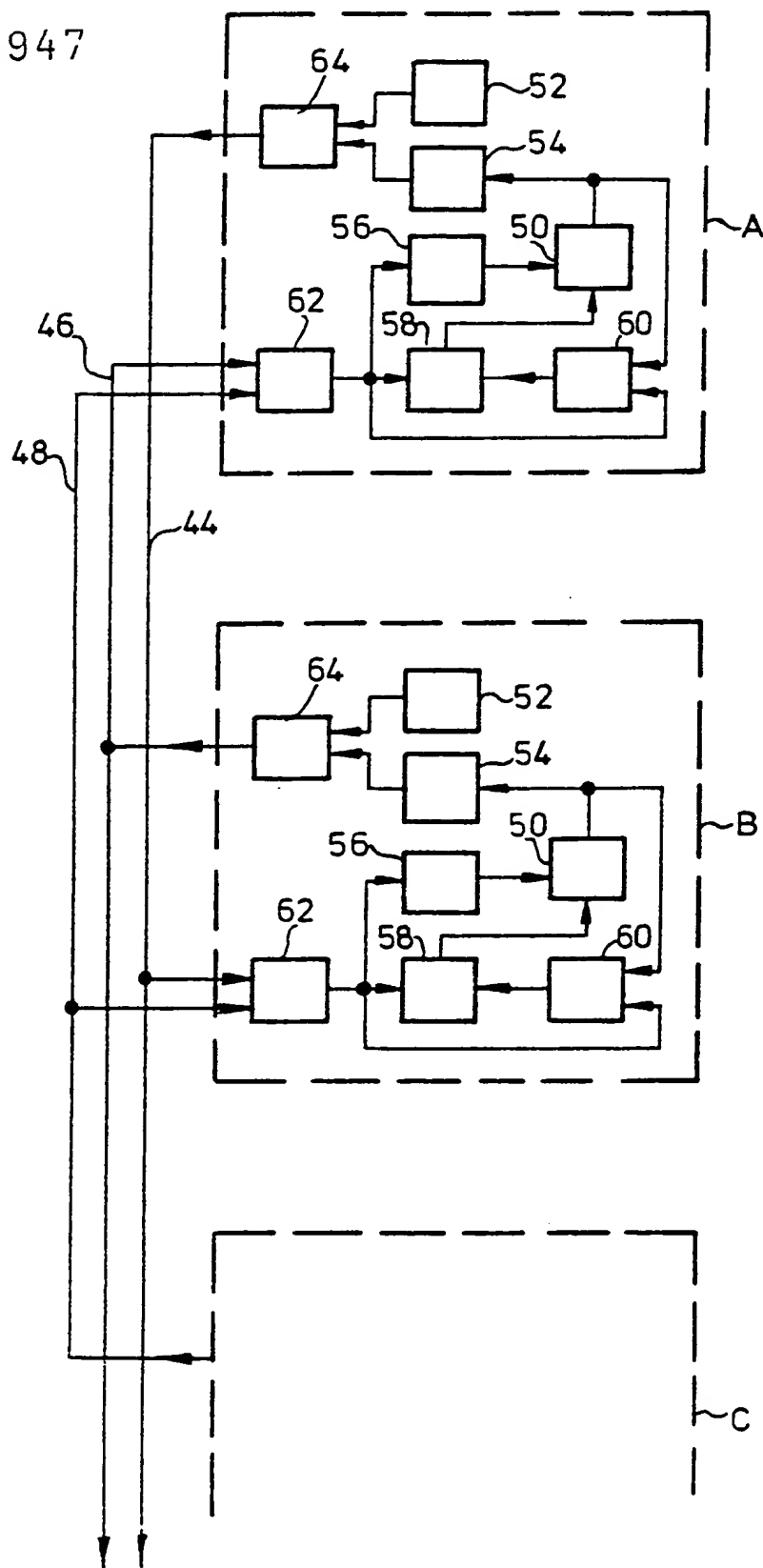


Fig.1

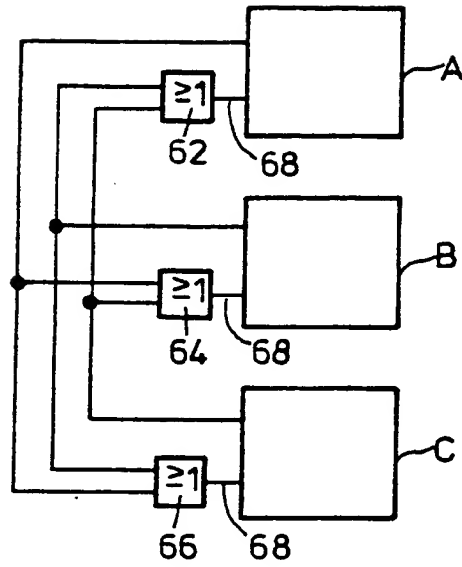


Fig.2

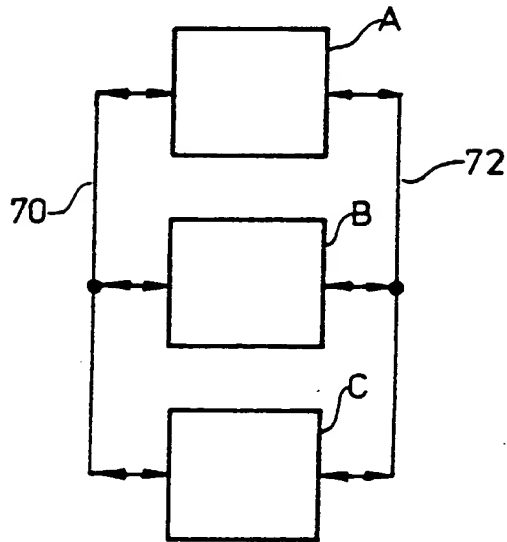


Fig.3

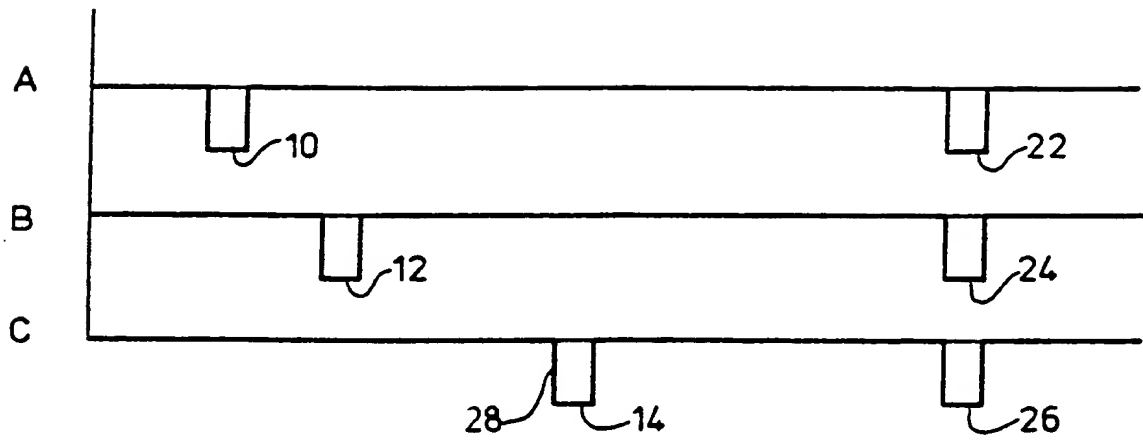


Fig. 4

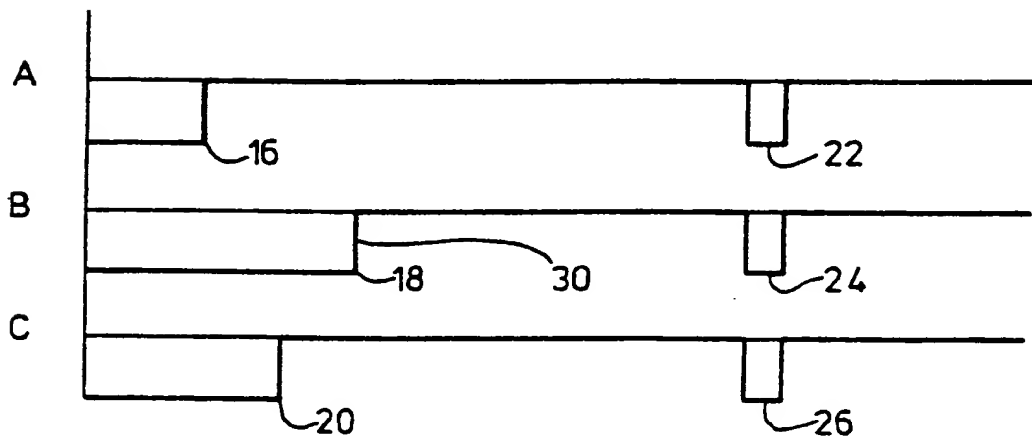


Fig. 5

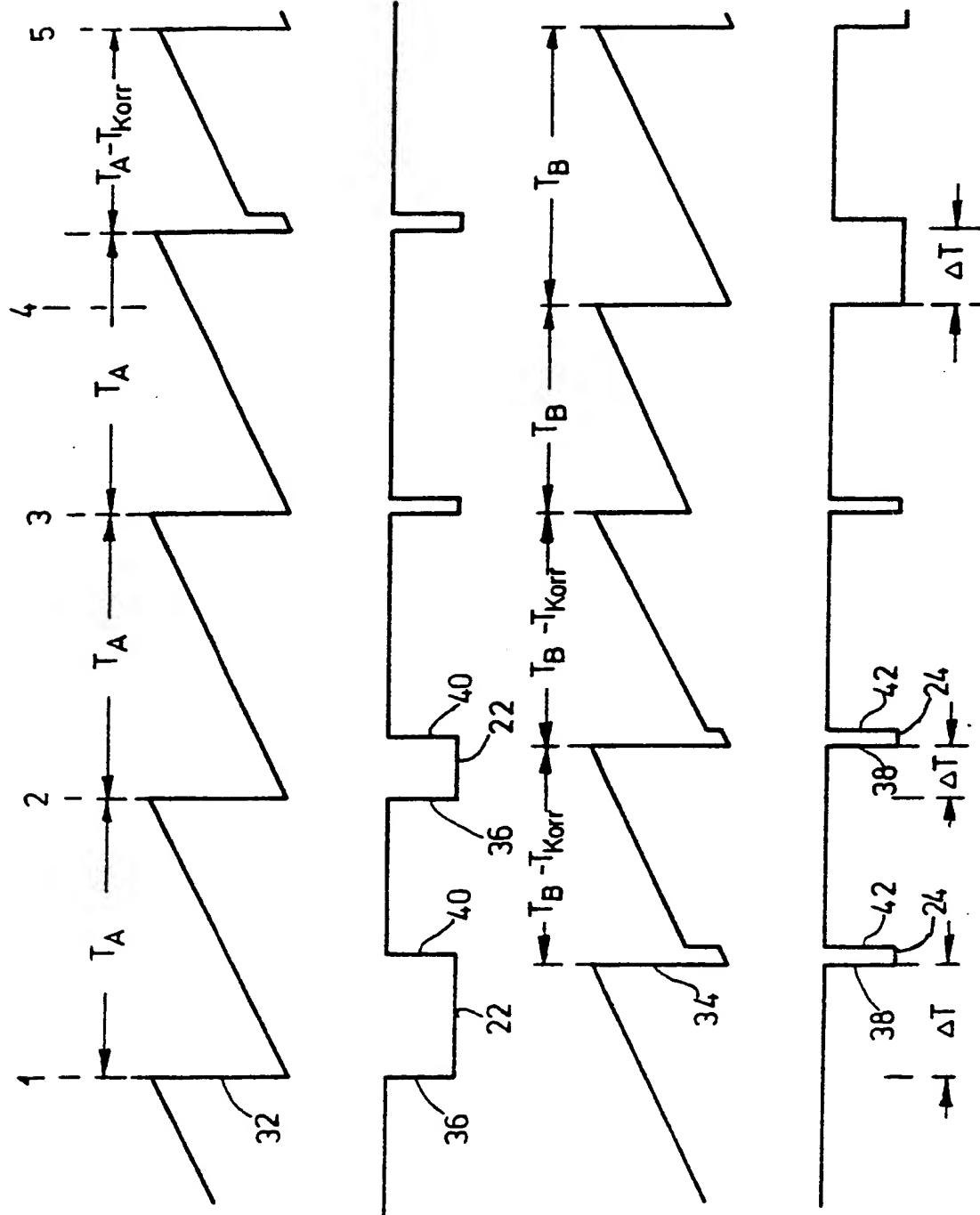


Fig.6